

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

AM

(11)Publication number : 04-350510

(43)Date of publication of application : 04.12.1992

(51)Int.Cl.

G01B 21/30

G11B 9/00

H01J 37/28

(21)Application number : 03-149323

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 27.05.1991

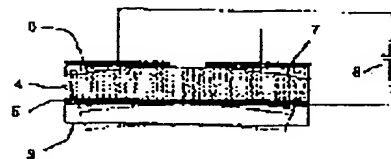
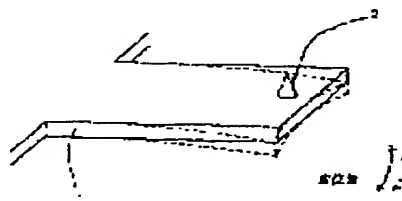
(72)Inventor : SHINJO KATSUHIKO
 YAMAMOTO KEISUKE
 YAGI TAKAYUKI
 KAWASE TOSHIMITSU
 TAKAMATSU OSAMU
 HATANAKA KATSUNORI
 KASANUKI YUJI
 SUZUKI YOSHIO
 SHIMADA YASUHIRO
 HIRAI YUTAKA
 NAKAYAMA MASARU

(54) CANTILEVER-TYPE PROBE AND DRIVING METHOD THEREFOR, MULTI-PROBE UNIT, INFORMATION PROCESSING DEVICE, INTERATOMIC FORCE MICROSCOPE, AND SCANNING-TYPE TUNNEL MICROSCOPE

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable a layer-detection sensitivity to be improves, a drive range in width direction to be expanded, a probe height at the time of multi-probe unit to be uniform, etc., in a cantilever-type probe which is used for an information-processing device for recording/reproduction, etc., or an interatomic force microscope, etc.

CONSTITUTION: A cantilever-type prove has an elastic deformation part 1 with a cantilever shape and a prove 2 at a tip of the elastic deformation part. At least one-layer piezoelectric body layer for changing a sectional shape on a surface crossing a longer direction of the cantilever and at least one set of electrodes 5, 6 and 7 for applying voltage to a piezoelectric body 4 are provided.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-350510

(43) 公開日 平成4年(1992)12月4日

(51) Int. Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 21/30	Z	7617-2F		
G 1 1 B 9/00		9075-5D		
H 0 1 J 37/28	Z	9089-5E		

審査請求 未請求 請求項の数13(全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平3-149323

(22) 出願日 平成3年(1991)5月27日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 新庄 克彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 山本 敬介

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(72) 発明者 八木 隆行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 豊田 善雄 (外1名)

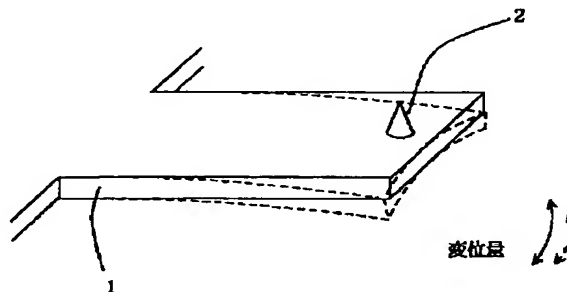
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カンチレバー型プローブ及びその駆動方法、マルチプローブユニット、情報処理装置、原子間力顕微鏡、走査型トンネル顕微鏡

(57) 【要約】

【目的】 記録再生等の情報処理装置あるいは原子間力顕微鏡等に用いられるカンチレバー型プローブにおいて、そう検出感度の向上、幅方向への駆動範囲の拡大、マルチ化した際のプローブ高さの均一化等を達成することにある。

【構成】 カンチレバー形状を有する弾性変形部1と該弾性変形部の先端にプローブ2を有するカンチレバー型プローブにおいて、該カンチレバーの長手方向に直交する面での断面形状を変化させるための少なくとも一層の圧電体層と、該圧電体に電圧を印加するための少なくとも一組の電極とを具備するカンチレバー型プローブを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 カンチレバー形状を有する弾性変形部と該弾性変形部の先端にプローブを有するカンチレバー型プローブにおいて、該カンチレバーの長手方向に直交する面での断面形状を変化させるための少なくとも一層の圧電体層と、該圧電体に電圧を印加するための少なくとも一組の電極とを具備していることを特徴とするカンチレバー型プローブ。

【請求項2】 請求項1記載のカンチレバー型プローブを、少なくとも有することを特徴とする原子間力顕微鏡。

【請求項3】 請求項1記載のカンチレバー型プローブを、少なくとも有することを特徴とする情報処理装置。

【請求項4】 カンチレバー形状を有する弾性変形部と該弾性変形部の先端にプローブを有するカンチレバー型プローブの駆動方法において、該カンチレバーが少なくとも一層の圧電体と、該圧電体に電界を印加するための少なくとも一組の電極とを具備し、かつ、該カンチレバーと該カンチレバーの支持台との間で平行平板型コンデンサを構成しており、該平行平板型コンデンサに電圧を印加することにより粗動を行い、該圧電体に電界を印加することにより微動を行い、かつ、該粗動及び微動の変位方向が同一になるようにすることを特徴とするカンチレバー型プローブの駆動方法。

【請求項5】 請求項4記載のカンチレバー型プローブの駆動方法を用いることを特徴とする走査型トンネル顕微鏡。

【請求項6】 請求項4記載のカンチレバー型プローブの駆動方法を用いることを特徴とする情報処理装置。

【請求項7】 圧電体効果にて変位するカンチレバー型プローブを同一面内に複数設け、該複数のカンチレバーの各々に対して、その反り量を静電効果により独立に位置補正する機構を設けたことを特徴とするマルチプローブユニット。

【請求項8】 前記カンチレバー各々の反り量を静電効果により位置補正する際の電圧を、独立にホールドする手段を具備することを特徴とする請求項7記載のマルチプローブユニット。

【請求項9】 請求項7又は8に記載のマルチプローブユニットを、少なくとも有することを特徴とする情報処理装置。

【請求項10】 請求項7又は8に記載のマルチプローブユニットを、少なくとも有することを特徴とする走査型トンネル顕微鏡。

【請求項11】 圧電体効果にて変位するカンチレバー型プローブをS1基板上に形成される複数の短冊状電極上方に保持し、前記短冊状電極に電圧を加える手段により、静電効果にて前記カンチレバーを、その幅方向に駆動し得るものであることを特徴とするカンチレバー型プローブ。

【請求項12】 プローブが、圧電体への電圧印加によりカンチレバーの厚さ方向に変位する手段と、静電効果にてカンチレバーの幅方向に固有振動する手段を具備したことを特徴とするカンチレバー型プローブ。

【請求項13】 請求項11又は12に記載のカンチレバー型プローブを、少なくとも有することを特徴とする情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、物質の表面を高分解で観察できる、あるいは記録媒体間での情報の入出力に携わるプローブ（探針）を自由端部に有したカンチレバー型プローブに係るものであり、さらにはその駆動方法、それをを用いた情報処理装置及び原子間力顕微鏡等に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年において、導体の表面原子の電子構造を直接観測できる走査型トンネル顕微鏡（以下、STMと略す）が開発され（G. Binnig et al., Phys. Rev. Lett. 49 (1982) 57）、単結晶、非晶質を問わず実空間像を著しく高い分解能（ナノメートル以下）で測定できるようになった。

【0003】 かかるSTMは、金属のプローブと導電性物質の間に電圧を加えて、1nm程度の距離まで近づけるとトンネル電流が流れることを利用している。この電流は両者の距離変化に非常に敏感で指数関数的に変化するので、トンネル電流を一定に保つようにプローブを走査することにより、実空間の表面構造を原子オーダーの分解能で観察することができる。

【0004】 しかし、かかるSTMによる解析では導電性のサンプルに限られ、絶縁性のサンプルの観察にはむかないという欠点がある。そこで、新たに原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope；以後AFMと略す）というアイデアが提唱された（Binnig他Phys. Rev. Lett. 56 (1986) 930参照）。かかるAFMは、物質間に働く力によって物質表面の形状を2次元的に観察するものであり、STMと異なり電気伝導性のない材料表面や有機分子がナノメートルオーダーで観察できることから、広範な応用が期待されている。

【0005】 このAFMは、先端径の小さなプローブ（探針）を持つカンチレバー部と、このカンチレバーの曲がりを測定する変位測定部から構成される。また、このプローブは、カンチレバーの自由端にカンチレバー本体とは別個に作製される場合や、カンチレバー自体を試料面に傾斜配置することによりカンチレバーの自由端をプローブとして用いる場合等がある。

【0006】 一般に、物質表面間においては、比較的遠距離においては分散力による微弱な引力が、近距離では

斥力が働く。カンチレバーの曲がり、この作用する力に比例するので、この曲がりを測定することによってプローブ先端とこれに数nm以内に近接する試料表面間に働く微弱で局所的な力を検出することが可能となる。さらに、試料を走査することで試料表面の力の2次元的情報が得られる。

【0007】さらに、カンチレバーの曲がりを一定にするようにフィードバックをかけながら走査することにより、試料表面の微小な凹凸形状を観察できる。

【0008】引力モードによるAFMでの分解能は、水平方向で10nm程度であり、試料表面に10nm程度の間隔で凹凸を作製し、それをAFMで読み出すことによって、 10^{12} ビット/cm²近い超高密度のメモリを作製することも可能である。

【0009】しかし、かかるカンチレバーの変位の検出感度を上げるためには、弾性定数が非常に小さいカンチレバーにしなければならない。一方、除振台を用いた装置では走査系の掃引周波数と防振の点から、カンチレバーの共振周波数を低くすることはできない。特に、記録再生等を行う情報処理装置に应用する際にはこれは必須

の条件である。

【0010】また、近年にあっては記録再生装置におけるデータの記録容量は年々大きくなる傾向があり、記録単位の大きさは小さく記録密度は高くなっている。例えば光記録によるデジタル・オーディオ・ディスクにおいては記録単位の大きさは1 μ m²程度にまで及んでいる。その背景には、メモリ材料開発の活発化があり、有機色素・フォトリソマーなどの有機薄膜を用いた安価で高密度な記録媒体が登場している。

【0011】かかる装置において、前述カンチレバー型プローブを用いて記録再生を行う場合、プローブと記録媒体との距離をオングストロームオーダーで制御すること、及び記録媒体上に2次元に配列した情報を記録再生するために、プローブの2次元走査を数10オングストロームオーダーで制御することの2点が重要である。さらに、記録再生システムの機能向上、特に高速化の観点から多数のプローブを同時に駆動すること（プローブのマルチ化）が提案されている。つまり、多数のプローブが配置された面積内で上記の精度でプローブと記録媒体の相対位置を3次元的に制御しなければならない。

【0012】しかしながら、従来例のカンチレバーでは、数V程度の小さな電圧での圧電力のみによる駆動で、ミクロンオーダーの変位を取り出すことができるが、このことは逆に、STMによって試料表面の走査を行う際、オングストロームオーダーの制御をするには100 μ V程度の電圧の制御が必要となる。従って、マルチプローブ型にする際、試料表面と各プローブ間隔を1ナノメートル程度に揃え、かつ各プローブを走査するには数V印加した上で100 μ Vの制御を行わなければならない、外来ノイズ、電源自体のノイズ等の影響を鑑み

ば非常に困難である。

【0013】上記問題点に対して、圧電力駆動のカンチレバーと静電駆動部をシーソー型に配置したものが考えられるが、マルチプローブ型の集積化には不利である。

【0014】また、上記従来例のカンチレバーをS1基板上に集積化して面内に多数個設けた場合、カンチレバー一本一本の高さが異なるという問題がある。これは、圧電体薄膜や電極薄膜の形成の際、通常スパッタリングや蒸着法が用いられるが、これらの薄膜形成時の面内の不均一性によるものである。この不均一性から生じる内部応力や膜厚の違い等から、面内に均一にカンチレバーの高さを揃えることは非常に困難である。これを記録再生装置に用いた場合、各カンチレバー部の圧電部分に一定の高さになるようバイアス電圧を加えなければならない。

【0015】しかし、カンチレバー一本で稼働できる範囲は $\pm 10\mu$ m程度であるから、これ以上の反りがあると、補正ができない。また、仮に補正できたとしても、各カンチレバー部に独立のバイアス電源が必要となり、制御系回路も複雑になり、規模が大きくなってしま

う。

【0016】さらに、記録再生装置等において、データ転送速度、及びデータ記録速度を向上させるといった面からも、プローブの数を増やす必要がある。この際、プローブと記録媒体との間隔を調整しつつ、記録データ列上をプローブが走行する必要がある。しかしながら、記録したデータ列の幅が非常に細く、装置の温度変化によるドリフト、あるいは外部からの振動などの影響により、プローブがデータ列からはずれて安定した記録再生ができなくなる。更に、1つのプローブをデータ列に添って走査させると他のプローブがデータ列からはずれてしまうこととなる。

【0017】これを解決するために図29の様な圧電体71と電極72を積層し圧電体を4ブロックに分け、3軸駆動が可能な自由端側にトンネル電流を検知するプローブ73を要するカンチレバー型プローブが提案されている。かかる構成によれば、図30(a)、(b)、(c)に示す様に各電極間に適当なバイアスを加えることによりX、Y、Z軸の各々単独での駆動は可能であるが、特にX、Y軸の変位量は小さい。例えば、圧電体にZnOを使用し、その微小変位素子の厚さを5 μ m、長さを1000 μ m、幅を200 μ mとしたとき、10V印加で、その変位量は、X軸で約200nm、Y軸で約20nm、Z軸で約7500nmである。Z軸は充分なストロークをもつが、記録面の走査方向、すなわちXY軸のストロークが大きいとはいえない。このようなカンチレバー型プローブにおいて、広域なSTMによる記録再生装置に用いるには、媒体側のXYステージによる微動駆動が必要であった。

【0018】また、カンチレバーの作製においてパイモルフ構成をとっているため工程数も複雑で、厚さ方向の

積層数も多いことから、薄膜のカンチレバーが膜中の内部応力のために反ってしまう問題があった。また、内部応力の面内分布のために、前述のようにマルチ化すると、それぞれの反り量がまばらになってしまう。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術の問題点に鑑み、本発明が解決しようとする課題は、

①. カンチレバー型プローブにおける、その検出感度の向上及びその共振現象の回避等を同時に満足し得る構成を達成する点、

②. カンチレバー型プローブを同一平面内にマルチ配列して用いる際の、各々のプローブ高さのばらつきを取り除くような構成を簡便な手段にて達成する点、

③. カンチレバー型プローブの駆動変位に関し、特にその基板面に平行方向、すなわちX-Y平面での変位量を大きくし得る構成を達成する点、等であり、さらに、かかるカンチレバー型プローブを具備した情報処理装置、原子間力顕微鏡及び走査型トンネル顕微鏡等を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段及び作用】上記目的は、以下の構成により達成される。

【0021】第1に、カンチレバー（片持ばり）形状を有する弾性変形部と該弾性変形部の先端に例えば物理的相互作用によって情報入力を行うプローブ（情報入力部）を有するカンチレバー型プローブにおいて、該カンチレバーの長手方向に直交する面での断面形状を変化させるための少なくとも一層の圧電体と該圧電体に電圧を*

$$I_x = \frac{1}{8\theta^3} (\theta + \sin \theta) \cdot b \cdot (2a^2 + 2ab\theta + b^2\theta^2) \\ - \frac{4}{9\theta^3} (1 - \cos \theta) \cdot \frac{b \cdot (3a^2 + 3ab\theta + b^2\theta^2)}{2a + b\theta}$$

ここで、例えば、 $a = 100 \mu\text{m}$ 、 $b = 2 \mu\text{m}$ のカンチレバーの場合について考察してみると、 $I_0 = 6.7 \times 10^{-13} (\text{m}^4)$ となり、一方、 $\theta = 10^\circ$ わん曲した場合は、

$$I_x = 1.5 \times 10^{-13} (\text{m}^4) = 2.3 I_0$$

となる。この場合、わん曲したカンチレバーの I_x が全域において一定として近似すると、かかるカンチレバー（図2（b））の共振周波数はわん曲しない場合（図2（a））の約1.5倍、弾性定数（N/m）は約2.3倍となる。なお、先端の変位量（d）は約 $2 \mu\text{m}$ である。

【0028】次に、カンチレバー1の断面を変形させる手段について、図3に基づき説明する。本図中、3は基板、4は圧電体、5、6、7は電極、8は圧電体変形用電源である。ここで、電極5、6、および電極5、7の間に同じ電圧を印加することにより、圧電体4が膨張しようとするが、基板3により拘束されているため図中点線のように変形することになる。

*印加するための少なくとも一組の電極とを具備したカンチレバー型プローブ、によって達成される。

【0022】さらに、上記カンチレバー型プローブを用いた原子間力顕微鏡、情報処理装置、によっても達成することができる。

【0023】以下、図1～図4に基づいて、本発明の構成及び作用を説明する。

【0024】図1において、1がカンチレバー、2が原子間力等を検出するためのプローブ（探針）である。図示するように、断面が変形していない状態（実線）に比例して、断面がわん曲している状態（点線）では、同じ力が作用した時の先端の変位量が小さい（大きい矢印と小さい矢印との比較）。つまり、断面がわん曲している方が弾性定数が大きくなる。

【0025】図2（a）に示すのは、カンチレバー1の長手方向に直交する面での断面図であり、幅 a 及び曲げ方向の厚さ b の場合の変形前の断面2次モーメント I_0 は数式1のようになる。

【0026】

【数1】

$$I_0 = \frac{ab^3}{12}$$

次に、図2（b）に示すように、長手方向の x 点における断面が角度 θ だけわん曲した場合の断面2次モーメント I_x は

【0027】

【数2】

【0029】別の構成による場合を図4に基づいて説明する。本図中、9、10は圧電体、11、12、13、14、15は電極、8は圧電体変形用電源である。圧電体9、10の分極方向が揃っている場合、電極11と12、13、14、15の間に同じ電圧を印加することにより、圧電体9は収縮し、圧電体10は膨張し、結局図中点線のように変形することになる。

【0030】以上述べたように、カンチレバーが少なくとも一層の圧電体を有し、該圧電体の変形によって、カンチレバーの断面を変形させることができ、それによってカンチレバーの弾性定数を変化させることができる。

【0031】これにより、共振周波数が高く、かつ、測定される試料に応じて幅広いレンジで弾性定数を変化させることが可能で、かつ、AFM系全体の作製が容易となり、さらに、高性能なAFM、情報処理装置を提供することができる。

【0032】次に、前記目的を達成できる第2の構成は、カンチレバー形状を有する弾性変形部と該弾性変形

部の先端に例えば物理的相互作用によって情報入力を行うプローブ（情報入力部）を有するカンチレバー型プローブの駆動方法において、該カンチレバーが少なくとも一層の圧電体と、該圧電体に電界を印加するための少なくとも一組の電極とを具備し、かつ、該カンチレバーと該カンチレバーの支持台との間で平行平板型コンデンサを構成しており、該平行平板型コンデンサに電圧を印加することにより粗動を行い、該圧電体に電界を印加することにより微動を行い、かつ、該粗動及び微動の変位方向が同一になるようにするカンチレバー型プローブの駆動方法、としている点にある。

【0033】また、かかる駆動方法を用いる走査型トンネル顕微鏡、あるいは情報処理装置によっても、上記目的は達成される。

【0034】本発明のポイントは、粗動については大電圧かつ安定した制御のできる静電力で行い、微動については小電圧かつ安定した制御のできる電圧力で行う点である。

【0035】以下、図5～図7に基づいて本発明の構成及び作用を説明する。

【0036】図5に示すように、支持台16のカンチレバーと対向する部分に静電駆動電圧印加のための電極17が設けられており、カンチレバーは絶縁体19、圧電体21及び静電駆動のための電極18、圧電体駆動のための電極20、トンネル電流検出用プローブ2、トンネル電流引き出し電極22より構成される。尚、23は電圧変換増幅器、24は信号出力、25は圧電体駆動用交流電源、26は静電駆動用直流電源であり、これは低周波高電圧電源であってもよい。

【0037】ここで、電極17、18間のギャップを数10 μ m程度、カンチレバーの寸法を数100 μ m \times 数10 μ m程度とすると、電極17、18間に数10～100Vの電圧を印加することで、カンチレバーの先端は数 μ m程度変位する。この際、電源26の安定度は数10～100V \pm 10mV程度なので、変位のゆらぎは1オングストローム程度になる。

【0038】次に、圧電体21に1V印加した時のカンチレバーの先端の変位が1000オングストローム程度になるようにカンチレバーを形成しておくことにより、圧電体21に数mV～数100mVの電圧を印加することで1～100オングストローム程度の変位量を得る。つまり、2種類の駆動力を合わせることでマイクロオーダーの変位が可能で、オングストロームオーダーの制御が可能となる。特に、複数のプローブを使用する記録再生等を行う情報処理装置等においては、各プローブと記録媒体との間隔を揃えるにあたり、数マイクロメートル程度の変位させた上で、オングストローム程度の変調をかけるようになるので、上記の方法は有効である。かかる内容を図示すると、図6のようになる。

【0039】上記の例では、静電駆動用電極と圧電駆動

用電極が別々であったが、同一の電極を共用してもよい。図7にその例を示す。本図中、電極27は接地され、静電駆動、圧電駆動に共用される。

【0040】以上述べたような構成によれば、マイクロオーダーの変位が可能で、かつオングストロームオーダーの制御性を有するので、集積化が容易になり、高性能なSTM、情報処理装置を提供することができる。

【0041】次に、前記目的を達成できる第3の構成は、圧電体効果にて変位するカンチレバー型プローブを同一面内に複数設け、該複数のカンチレバーの各々に対して、その反り量を静電効果により独立に位置補正する機構を設けたマルチプローブ、としている点にある。

【0042】すなわち、トンネル電流読み出し用の駆動方法は圧電体による電歪効果を用い、面内の高さの平面保持は静電効果による駆動方法を用いるものである。この構成により、予め、複数のカンチレバーの反り量を独立に一本一本静電気により、高さを揃え、面内の不均一性を補償するものである。

【0043】以下、図8に基づいて本発明に係るマルチプローブユニットを説明する。図示するように、本発明はS1基板28上に、電極34、誘電体30、電極29、圧電体31、電極29の順に積層構成されたカンチレバーと、ガラス基板32の上でカンチレバーの背面下方に電極33をはり合わせたものにより構成される。2はトンネル電流検出用プローブである。このようなカンチレバー型プローブをS1基板上に複数個形成し、トンネル電流を検知することによって記録、再生を行うものである。

【0044】ここで、高さを揃えるためには、電極33、34間に電界を加え、あらかじめ静電荷を蓄わておき寸法を調整する。こうして面内の高さを揃えた後、トンネル電流検出時の高さ方向の微小動作は圧電体を用いる。

【0045】次に、前記目的を達成できる第4の構成は、圧電体効果にて変位するカンチレバー型プローブをS1基板45上に形成される複数の短冊状電極46の上方に保持し、前記短冊状電極46に電圧を加える手段により、静電効果にて前記カンチレバーをその幅方向に駆動し得るカンチレバー型プローブ、としている点にある（図9参照）。

【0046】また、前記静電効果にて駆動し得る手段が、カンチレバーの幅方向にそれを固有振動させる手段とすることによっても前記目的は達成される。

【0047】さらに、前記カンチレバー型プローブを複数個、記録媒体と対向配置し、該カンチレバー型プローブの各々に、圧電体を駆動させる手段と該駆動手段を制御する制御手段とを設け、かつ、記録媒体とプローブとの間に印加する情報の記録又は再生用バイアス電圧印加回路を備えた情報処理装置、として前記目的を達成することもできる。

【0048】

【実施例】以下、実施例を用いて本発明を詳細に説明する。

【0049】（実施例1）本実施例では、図3に示するような断面形状を有する、本発明に係るカンチレバー型プローブについて説明する。まず、図10に基づいて、本実施例のカンチレバーの製造工程を説明する。厚さ250 μ mのSi(100)基板101上に、LP-CVD法によりシリコン窒化膜102、103を1 μ m積層し、フォトリソグラフィによりパターンニングし、エッチングマスクとする。次に、Au電極105を1000オングストローム積層し、パターンニングした。さらに、RFスパッタ法によりZnO膜104を1 μ m積層し、パターンニングした。その上部にAu電極106を1000オングストローム積層し、パターンニングした（図10(a)）。続いて、蒸着法によりタングステンの探針（プローブ）107を作製した（図10(b)）。最後に、KOH液によるSiの異方性エッチングを行い、カンチレバーを作製した（図10(c)）。

【0050】ここで、カンチレバーは長さ500 μ m、幅100 μ m、厚さ約2.2 μ mの矩形である。このカンチレバーの共振周波数は、10kHzであった。次に、図3の中の電極5、6及び5、7に対応する部分に7Vの電圧を印加した状態で、カンチレバーの共振周波数を測定したところ、14kHzであった。このことから、カンチレバーの断面がわん曲し、弾性定数が上昇したことがわかった。

【0051】（実施例2）本実施例では、図4に示するような断面形状を有するカンチレバー型プローブについて説明する。まず、図11に基づいて、本実施例のカンチレバーの製造工程を説明する。厚さ250 μ mのSi(100)基板101上に、LP-CVD法によりシリコン窒化膜102、103を1000オングストローム積層し、フォトリソグラフィによりパターンニングし、エッチングマスクとする。次に、蒸着法によるAu電極111、113、115（各1000オングストローム）、RFスパッタ法によるZnO膜112、114（各3000オングストローム）を交互に積層し、パターンニングした（図11(a)）。その上部に、蒸着法によりタングステンの探針（プローブ）116を作製した（図11(b)）。次に、KOH液によるSiの異方性エッチングを行い、カンチレバー型にした（図11(c)）。最後に、CF₄による反応性イオンエッチングにより、シリコン窒化膜102、103を除去し、カンチレバーを完成した（図11(d)）。

【0052】ここで、カンチレバーは長さ300 μ m、幅100 μ m、厚さ約1 μ mの矩形である。このカンチレバーの共振周波数は、11kHzであった。次に、図4中の電極11と12、13、14、15の間に5V印加したところ、共振周波数は15kHzとなり、弾性定

数が上昇していることがわかった。

【0053】（実施例3）実施例1のカンチレバー型プローブを用いて、AFMを作製した。図12に本実施例のAFMの構成図を示す。除振台201の上に支持台202があり、その上にXYステージ203、Z微動機構204が構成され、その上部に試料205が載せられる。また、プローブはカンチレバー206上の探針207を用いる。ここで、カンチレバーの断面変形用の電源、電極等は省略してある。信号検出系は、He-Neレーザー209からの入射光が、ビームスプリッタ210、光ファイバー208を経てカンチレバー206先端部に照射され、その反射光は逆に、光ファイバー208、ビームスプリッタ210を経て光検出器211により電気信号に変換される（光波干渉法）。出力信号、XY走査信号及びZ方向フィードバック信号は、マイクロコンピュータ214により制御され、XY走査制御部212、Z方向フィードバック制御部213を介して、試料205がXY方向に走査され、探針207と試料表面との距離が一定に保たれる。

【0054】まず、試料として水晶のへき開面を観察したところ、断面形状変形のための電圧の印加の有無によらず、像に変化はみられず、どちらの場合も結晶構造に対応する配列が観察された。

【0055】次に、試料としてHOPG上に液晶分子4-シアノ-4'-n-デシルピフェニルを積層したものを観察したところ、電圧の印加によってS/N比が変化した。つまり、試料の種類によって、カンチレバーの弾性定数を変化させたほうが良好な結果を得ることができた。

【0056】（実施例4）本実施例では、実施例1のカンチレバーを用いた記録再生等を行う情報処理装置を示す。ただし、本実施例においては、カンチレバーの探針がついている側をPtコーティングしてある（図13参照：117はPtコーティング層）。

【0057】図14に本実施例の情報処理装置の構成図を示す。基本構成は実施例3（図12）と同様で、異なるところは、探針207と記録媒体215の間に、情報記録用のパルス電圧印加装置216が付加されている点である。尚、記録媒体としては、ガラス基板上に成膜したAuを用いた。

【0058】このAu薄膜と探針207との間に数V、数 μ sec程度のパルス電圧を印加して直径約10nmの凸部を形成し、記録ビットとした。次に、AFMとして動作させ、走査周波数3kHzで記録ビットの読み出しを行ったところ、断面形状変化のための電極間に10Vのバイアス電圧を印加した場合、印加なしの時に比較して、S/Nのよい情報読み出しが可能であった。これは、高い走査周波数を用いる場合、カンチレバーの共振周波数が高いほうが良好な結果を得ることができることを示している。なお、本実施例においては、パルス電圧

印加によって記録媒体上に凸部を形成し記録を行ったが、記録媒体上に凹凸の情報を生成しうる方法ならばこの限りではない。

【0059】(実施例5) 図15に、本実施例に用いるカンチレバー型プローブの製造工程図を示す。まず、カンチレバー側について述べる(図15①, ②, ③, ④)。最初に厚さ250 μ mのSi(100)基板101上に、LP-CVD法によりシリコン窒化膜102, 103を500オングストローム積層し、フォトリソグラフィによりパターニングし、エッチングマスクとする。次に、抵抗加熱法によりAu電極105を1000オングストローム積層し、パターニングした。さらに、RFスパッタ法により圧電体ZnO膜104を1 μ m、抵抗加熱法によりAu電極106を1000オングストローム、プラズマCVD法によりアモルファスシリコン窒化膜108を1 μ m積層し、パターニングした(図15①)。続いて、抵抗加熱法によってAuの引き出し電極109を1000オングストローム堆積し、パターニングした。その上部に、蒸着法によりタングステン探針110を作製した(図15②)。その後、KOH液によるSiの異方性エッチングを行い、カンチレバーを作製した(図15③)。最後に、反応性イオンエッチング法により、シリコン窒化膜を除去した(図15④)。

【0060】次に、対向電極側について述べる(図15⑤, ⑥, ⑦, ⑧)。まず、厚さ250 μ mのSi(100)基板310上に、Siの熱酸化膜311を1000オングストローム形成した(図15⑤)。次に、LP-CVD法によりシリコン窒化膜312, 313を200オングストローム積層してパターニングし、エッチングマスクとした(図15⑥)。続いて、抵抗加熱法によりAu電極314を1000オングストローム積層し、*

*パターニングした(図15⑦)。さらに、KOH液によるSiの異方性エッチングにより、台形状の基体を形成した。ここでエッチング深さは約220 μ mであった(図15⑧)。最後に、カンチレバー部(図15④)と基体(図15⑧)とを接着し、カンチレバー型プローブを作製した(図15⑨)。

【0061】カンチレバーは矩形で、300 μ m \times 100 μ m、厚さ約2.2 μ mであり、電極104と電極314の対向面積は300 μ m \times 100 μ m、間隔は約30 μ mであった。

【0062】上記工程により作製したカンチレバーを、以下の要領で駆動させ、カンチレバー先端の変位量を測定した。

(1) 電極104を接地し、定電圧直流電源により、電極314に0~100Vの直流電圧を印加した。その時のカンチレバーの先端の変位量および変位のゆらぎ量を表1に示す。表1より分かるように、ゆらぎ量/変位量は、印加電圧の2乗に反比例する。このことから、静電力駆動は大電圧時に制御性がよいことが分かる。

(2) 電極104を接地し、交流電源により電極106に0~5V、100Hzの電圧を印加した。その時のカンチレバーの先端の変位量および変位のゆらぎ量を表2に示す。表2より分かるように、ゆらぎ量/変位量は印加電圧に反比例する。このことから、圧電力駆動は小電圧時にも制御性がよいことが分かる。

【0063】(1), (2)の結果より、大電圧印加静電力駆動により極めて安定した大きな変位量がとれ、小電圧印加圧電駆動により、変位量は小さいものの極めて精度の高い制御が可能であることが分かった。

【0064】

【表1】

印加電圧 (V)	変位量 (μ m)	ゆらぎ量 (Å)
0	0	<2
20	0.08	3
40	0.31	4
60	0.68	4
80	1.22	4
100	1.88	4

【0065】

【表2】

印加電圧 (V)	振幅 (Å)	ゆらぎ量 (Å)
0	0	<1
1	750	<1
2	1510	~1
3	2250	~1
4	2980	~1
5	3800	~1

【0066】(実施例6) 実施例5のカンチレバー型プローブで、圧電体に電界を印加するための電極を、カンチレバーの先端に $100\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ だけ設けた形状のものを作製した。実施例5と同様の測定を行ったところ、静電力では、 100V 印加で $1.88\mu\text{m} \pm 3$ オングストロームの変位圧電力では、 1V 印加で 100 ± 0.5 オングストローム以下の変位を得ることができた。

【0067】(実施例7) 実施例6のカンチレバー型プローブを用いたSTMを作製した。図16に本実施例のSTMの構成図を示す。除振台401の上にXY走査機構402が設置され、サンプル403はXY方向に移動可能である。また、Z粗動機構404上にカンチレバー405が設置され、その先端に探針406が作製されている。XY走査機構402はXY駆動回路407によって、Z粗動機構404はZ駆動回路410によって駆動される。また、カンチレバー405は、静電駆動回路411により粗動ができ、圧電駆動(フィードバック)回路412によりサンプル403と探針406間に流れるトンネル電流が一定になるように、Z方向にフィードバックがかけられる。バイアス印加回路408によりサンプル、探針間にバイアス電圧が印加され、トンネル電流はトンネル電流検出回路409により検出される。すべての回路は、マイクロコンピュータ413により統一して制御され、観察結果は表示装置414に表示される。

【0068】本実施例においては、探針のサンプルへの接近はリニアアクチュエータなどのZ粗動機構である程度接近させた後、トンネル電流が流れる領域への接近はカンチレバーの静電駆動により行っている。この方法は、高精度であるとともに従来の積層型圧電素子等を用いる方法に比べ、駆動部を軽量小型化することができ、外的な振動ノイズに対し強いSTMとなった。

【0069】(実施例8) 実施例6のカンチレバー型プローブを用いた情報処理装置を作製した。図17に、本実施例の装置の構成図を示す。除振台501上にXY走査機構502が設置され、さらにその上部に記録媒体503が設置されている。XY走査機構502はXY駆動回路508により駆動され、記録媒体503にはバイアス印加回路509により記録ビットの書き込み、読み出し、消去のための各種バイアスあるいはパルス電圧が印加される。Z駆動回路510によって粗動できるZ粗動機構504上には、 10mm 角のマルチプローブ基板505が設置されており、 $4 \times 4 = 16$ 本のカンチレバー506が作製されている。各カンチレバーの先端には、探針507が設けられている。各探針を流れるトンネル電流は、トンネル電流検出回路511により検出され、各カンチレバーは静電駆動回路512及び圧電駆動(フィードバック)回路513により駆動される。すべての回路は、マイクロコンピュータ514により制御される。記録媒体503は、マイカ基板にAuを 1000\AA

ングストロームエピタキシャル成長させた上に、有機記録層を積層したものをを用いた。該有機記録層としては、スクアリウム-ビス-6-オクチルアズレンのLB膜(1層)を使用した。LB膜の形成法は、特開昭63-161552号公報に開示の方法に従った。

【0070】ここで、各探針と記録媒体との接近は、各探針ごとに実施例3の方法で行ったところ、各カンチレバーの静電印加電圧は $0 \sim 70\text{V}$ で、すべての探針が記録媒体(Au薄膜部)とのトンネリング領域に入ることができた。この時の各カンチレバーの変位量は $0 \sim 0.8\mu\text{m}$ であった。この状態で、圧電体駆動により各探針にフィードバックがかけられる。

【0071】次に、記録再生の方法について述べる。まず、探針の1本を+側、Au薄膜を-側にして、記録層が低抵抗状態(ON状態)に変化するしきい値電圧 V_{th} ON以上のパルス電圧(図18に示す)を印加し、ON状態を生じさせた。該探針と記録層との距離を保持したまま、該探針とAu薄膜との間に 1.0V の電圧を印加して、トンネル電流を測定したところ、 0.5mA 程度の電流が流れ、ON状態となっていることが確認できた。

【0072】次に、探針-Au間の電圧を、記録層がON状態からOFF状態に変化するしきい値電圧 V_{th} OFF以上の 10V に設定し、再び記録位置に印加した結果、記録状態が消去されOFF状態に遷移したことも確認した。

【0073】上記の装置において、各探針と記録媒体との位置セッティングには、静電駆動を用いているため、探針の高さ方向の制御が高精度となり、かつマルチプローブ基板505部は小型軽量となり、外部振動に強く、安定した記録、再生、消去を行うことができた。

【0074】(実施例9) 本実施例では、図8(a)に示すマルチプローブユニットについて説明する。 $6\text{mm} \times 6\text{mm}$ 、厚さ 0.2mm のSi基板28上に、後述の工程で形成したカンチレバーが12本設けられており、各カンチレバー上部には、トンネル電流検知用のプローブ2が設けられている。これにガラス基板32が貼り合わせてある。尚、1本のカンチレバーのサイズは、幅 $200\mu\text{m}$ 、長さ $800\mu\text{m}$ である。次に、上記カンチレバーの製造方法について図8(b)に基づいて行う。まず、Si基板(100)(厚さ 0.3mm)上に、電極34を真空蒸着にて形成後、誘電体薄膜30、電極29、圧電体薄膜31、電極29を作製し、フォトリソグラフィ-およびエッチングによりパターンニングした。ついで、トンネル電流検知用プローブ2を、成膜とフォトリソグラフィ-とリフトオフにより作製した。その後、KOHによるSiの異方性エッチングによりSi基板28の所望の部分を除去した。このようにして作製したSi基板上の圧電体変位素子を図19のように貼り合わせて形成した。尚、ガラス基板32の厚さは 0.2mm と

translated

15

(9)

特開平4-350510

16

した。

【0075】次に、このようにして作製したマルチプローブユニットの高さの調整法について述べる。図20はマルチプローブユニット、図21はその位置補正ブロック図を示したものである。基板28をあらかじめ平行平面の台に置き、さらに極めて平行平面な導電体35を一定の高さに保持し、その後トンネル電流検知用プローブ2と導電体35に一定の電圧をかけ、トンネル電流を検知する。その後、電極33-1、33-2、33-3、33-4に電圧を印加して、各トンネル電流値がほとんど等しくなるように各電極の電圧を調整した。これにより、静電気にて位置の補正を行うことができる。

【0076】（実施例10）本実施例では、実施例9で作製したマルチプローブユニットを図22に示す情報処理装置に取り付けた。

【0077】601は媒体の基板、602は金属電極層、603は記録層である。604はXYステージ、605はマルチプローブユニット、606はマルチプローブユニットの支持体、607はマルチプローブユニットをZ方向に駆動するリニアアクチュエーター、608、609はXYステージをそれぞれX、Y方向に駆動するリニアアクチュエーター、610は記録再生用のバイパス回路である。611はプローブ電極から記録層603を介して電極層602へ流れる電流を検出する記録再生用のトンネル電流検出器である。612はマルチプローブユニットをZ軸方向に移動させるためのサーボ回路であり、613はアクチュエーター607を駆動するためのサーボ回路である。614はマルチプローブユニットをZ軸方向に動かすための駆動回路であり、615はXYステージの位置制御を行う駆動回路である。616はこれらの操作を制御するコンピュータである。

【0078】本実施例では、この情報処理装置にあらかじめ実施例9により高さを揃えたマルチプローブユニットを取りつけ、記録媒体としてガラス基板上にCr/Auを蒸着し、その上部にポリイミドLB膜を4層（約20オングストローム）成膜したものをを用いた。尚、この記録媒体にはパルス電圧を加えると記録媒体の抵抗率が2ケタ程度変化する特徴がある。

【0079】次に、マルチプローブユニットの圧電駆動部に電圧をかけ、独立にカンチレバー部を動作させる。記録媒体の電極とカンチレバー先端のトンネル電流検知用プローブとの間に1.5Vの電圧をかけ、それぞれのプローブが 10^{-8} A程度のトンネル電流になるようにカンチレバー部の高さを調整した。その後、プローブにパルス電圧（5V）を加え、所望の位置に情報を記録した。尚、その記録領域は、100オングストローム×100オングストローム程度で非常に小さく、超高密度の記録を行うことができた。

【0080】次に、記録媒体の電極とプローブとの間に1.5Vの電圧をかけ、トンネル電流の計測をしたとこ

ろ、記録した部分に抵抗値が変化した部分を検出した。このように、本実施例においては、記録情報の書き込み、読み出しが行えることを確認した。

【0081】（実施例11）本実施例で示すものは、短冊状電極を有するカンチレバー型プローブである。

【0082】図9（a）に本実施例構成1部分の斜視図を示す。さらに図9（b）はA-A断面図である。これは、S1基板45上に、通常のIC作製プロセスとS1の異方性エッチングとにより作製したものである。絶縁層からなる弾性薄膜41上に、圧電体薄膜42を挟持して圧電体電極43を形成し、その上端部に情報入出力プローブ44を形成した圧電薄膜カンチレバーである。この構成では、圧電体層1層、電極1組で、いわゆるユニモルフ構成をとった薄膜カンチレバーでできている。この圧電体電極43に電界を加えると、薄膜カンチレバーの厚さ方向に駆動する（図中Z軸）。この構成によると、圧電薄膜カンチレバーの積層数が従来のバイモルフ構造よりも少ないので内部応力による反りも緩和される。

【0083】さらに、S1基板45上に形成された短冊状電極46に電界を加えると、静電気によりY軸方向に駆動することができる。なお、47はn-S1でできた支持体で、49は短冊状電極46の取り出し電極である。これは、Y軸方向の静電アクチュエーターを内蔵した構成をとっている。

【0084】このY軸への駆動原理を図23に基づいて説明する。この原理は例えば、生産研究第41巻第12号、1989年12月に掲載されている。これは、静電気によって動作をするものである。

【0085】図23（a）に示すように、電圧を印加すると抵抗体内で電荷が動き、絶縁体52が帯電する。次に図23（b）のように絶縁体51は帯電する。次に図23（c）のように印加電圧をかけると、反発作用が起こる。その結果、図23（d）の矢印に示すように駆動することができる。

【0086】本発明においては、この原理を用いて短冊状電極46に、それぞれある電界を加えて薄膜カンチレバーをY軸に働く力を発生させるものである。つまり、図9（a）に示したように、薄膜カンチレバーの裏面にある弾性薄膜41が絶縁層となり、さらに短冊状電極46と薄膜カンチレバーとの空間が絶縁層となっている。つまり、上述したように短冊状電極46にある交流の電界を加えると、薄膜カンチレバーがY軸方向に駆動するものである。これは、交流の電界の周波数を、薄膜カンチレバーの幅方向の固有振動数と一致させると、Y軸方向に振動する。すなわち、このY軸の固有振動数で振動するモードをY軸のストロークとすることを特徴としている。

【0087】次に、この構成を得るための工程を図24を用いて説明する。図24（a）に示すのは、n型S1

(100) 基板45にB(ボロン)を選択的に拡散させ、P⁺層にして短冊状の電極46を形成したものである。ここでは図示していないが、Y方向に短冊状電極46が多数配置してある。次に、1100℃でSiCl₄を用いPH₃をドーパントとして1.5μmエピタキシャル成長させ、n型のエピタキシャル層47を得る。次に、選択的に再度Bを拡散させてP⁺層48を形成した。これは電極46の引出し用である。また基板45とエピタキシャル層47とをn型にするのは、P⁺の電極と電気的に分離するためである。次に、LPCVDによるNH₃とSiH₂Cl₂の気相成長により、Si₃N₄で形成した弾性薄膜42を400nm成膜し、カンチレバーの形を得るためのパターニングを行った。図24(b)にその断面図、図24(c)にその上面図を示す。

【0088】次に、図24(b)において、金属を例えば、Cr、Auの順にそれぞれ3nm、200nm程度蒸着し圧電体電極43を形成する。電極材としては、Siの異方性エッチングの際に腐食されないAg、Pd、Pt等でも良い。次に、圧電体例えばAlN、ZnO、PZT等をスパッタ蒸着し約1μm成膜しパターニングして圧電体薄膜42を形成した。次に、短冊状電極46の引出しのために、弾性薄膜41をパターニングし、P⁺拡散層48のコンタクトホールを形成し、さらに電極43としてAuを200nm蒸着しパターニングして、電極43及び49を形成した。次に、プローブ44をリソグラフィーとリフトオフと蒸着により形成した。なお、プローブ材料としては、WあるいはPtでもよいし、これらの金属が表面に被覆された導電体であれば良い。

【0089】最後に、Si₃N₄の弾性体薄膜41をマスクとしてSiの異方性エッチングKOH、NH₄OHあるいはエチレンジアミン、ピカテコール系の水溶液で行う。この際、電極46のP⁺層がストッパーとなり静電気の駆動間隔がこのエピタキシャル層47の厚みで決定される。異方性エッチングにより、最終的に図9で示されるようなカンチレバー型プローブが得られた。本実施例では、圧電体薄膜カンチレバーおよび静電アクチュエータのサイズを以下のように設定すると、

圧電体薄膜厚 : 1.0μm (ZnO)
 カンチレバー厚 : 1.8μm
 カンチレバー長 : 200μm
 カンチレバー幅 : 50μm
 静電アクチュエータサイズ
 短冊状電極ピッチ : 2μm
 絶縁体薄膜厚 : 0.4μm (Si₃N₄)
 絶縁体-電極間隔 : 1.5μm

以下のようなプローブの変位量が得られた。

【0090】Y軸変位量 : ±20μm (±50V),
 (固有振動数8kHz)

Z軸変位量 : ±3μm (±5V)

このようにZ軸には薄膜カンチレバーがユニモルフ構造のために、絶対変位量は少しおちるけれども、カンチレバーの反りを除ける効果のほうが、大きい。また走査方向のY軸のストロークは十分に大きくとれた。

【0091】(実施例12) 本実施例では、実施例11タイプのカンチレバー型プローブの他の態様を示す。

【0092】図25は、実施例11のカンチレバー型プローブがSi基板上に複数個内蔵されたものである。これも前述実施例11と同様な製造法で作製した。尚、このY軸駆動の短冊型電極46は図26の様に配置してある。これは、X軸の方向の同一延長線上にある薄膜カンチレバーが同一の短冊型電極で駆動できる。このカンチレバーも実施例11で示したようなサイズでは、X、Y軸のストロークが同じだけ大きく取れる。

【0093】以上の構成により、反りの少ない圧電薄膜カンチレバーをもち、Y軸のストロークの大きなカンチレバー型プローブを提供することが可能となる。

【0094】(実施例13) 本実施例では、実施例12のカンチレバー型プローブを用いて情報の記録、再生等を行う情報処理装置について述べる。本発明に係る装置の、情報の記録再生における模式図の1例を図27に示す。図27(a)では、基板63上に、導電性有機材料からなる導電体薄膜62を形成した後、有機材料からなる記録層63を積層して記録媒体としている。本発明では、この記録媒体に、本発明に係るカンチレバー端部に取り付けたプローブ電極65を接触させることにより、記録媒体の表面形状を変化させて記録ビット64を形成し、情報の記録を行っている(図27(b)参照)。

【0095】また、このプローブ電極65を記録媒体表面上に走査させることにより、トンネル電流を利用して表面形状の変化すなわち記録ビット64を読み出して記録再生の再生を行っている。本発明で用いる記録層62の材料としては、有機化合物であれば何を用いても構わない。また、その成膜方法として、蒸着法、スパッタ法あるいはプラズマ重合法、電解重合法等を用いるが可能である。

【0096】また、記録層の材料として、LB法により単分子膜または単分子累積膜を形成することのできる有機材料も好適である。このLB法によれば、1分子中に疎水性部位と親水性部位とを有する有機化合物の単分子膜又はその累積膜を基板上に容易に形成することができ、分子オーダーの厚みを有し、かつ大面積にわたって均一、均質な有機超薄膜を安定に供給することができるため、本発明のような高密度な情報の記録再生を行うためには、記録層の欠陥や記録層表面の凹凸を少なくしなければならず、この点からLB法は記録層形成に非常に適している。

【0097】かかるLB法は、分子内に親水性部位と疎水性部位とを有する構造の分子において、両者のバラン

ス(両親媒性のバランス)が適度に保たれているとき、分子は水面上で親水性基を下に向けて単分子の層になることを利用して単分子膜、またはその累積膜を作製する方法である。

【0098】疎水性部位を構成する基としては、一般に広く知られている飽和及び不飽和炭化水素基や縮合多環芳香族及び、鎖状多環フェニル基等の各種疎水基が挙げられる。これらは各々単独又はその複数が組み合わされて疎水性部位を構成する。一方、親水性部位の構成要素として最も代表的なものは、例えばカルボキシル基、エステル基、酸アミド基、イミド基、ヒドロキシル基、さらには、アミノ基(1, 2, 3級及び4級)等の親水性基等が挙げられる。これらも各々単独又はその複数が組み合わされて上記分子の親水性部位を構成する。

【0099】これらの疎水性基と親水性基をバランス良く併有している有機分子であれば、水面上で単分子膜を形成することが可能であり、本発明に対して極めて好適な材料になる。

【0100】また、導電体薄膜層62の材料も高い導電性を有するものであればよく、例えばAu, Pt, Ag, Pd, Al, In, Sn, Pb, W等の金属やこれらの合金、さらにはグラファイトやシリサイド、ITOなどの導電性酸化物を始めとして数多くの材料が挙げられ、これらの本発明への適用が考えられる。かかる材料を用いた電極形成法としても従来公知の薄膜技術で十分である。但し、導電体薄膜層も記録媒体の1部として働くため、欠陥が少なく表面の平滑性がよい薄膜を形成できる材料及び、薄膜形成法が選択される。尚、導電体薄膜層の膜厚は記録層の材料及び膜厚にもよるが、安定な情報の記録再生を行うためには、10~50nm程度であることが好ましい。

【0101】次に、本発明に係る装置を図28のブロック図を用いて説明する。図28中、705は記録媒体に接触して記録を行ったり、トンネル電流を検知して記録ビットを読み出すためのプローブ電極であり、704は本実施例12で示したカンチレバー型プローブの概略図である。707は圧電効果にて駆動することができるZ方向微動制御機構であり、706は静電型アクチュエーターにより駆動できるY方向微動制御機構である。かかるカンチレバー型プローブの駆動によりプローブ電極705から記録媒体にアクセスすることによって情報の記録再生を行う。

【0102】対象となる記録媒体は、XYステージ712上に設置される。710はバイアス電圧源及びプローブ電流増幅器で、709はプローブ電流を読み取り、プローブ電極705の高さが一定になるように圧電体にかかる電圧を制御する再生用サーボ回路である。711は記録用電圧源及びサーボ回路である。711から記録用の電圧がZ方向微動制御機構707に出力され、プローブ電極705を上下させて記録媒体に接触して記録を行

うようになっている。但し、この時プローブ電流をモニターして、急激な電流増加、すなわちプローブ電極705と導電体薄膜層702の接触を検知し、その後の記録層701とプローブ電極705の接触量を制御するようにサーボ回路を設け、記録用の印加電圧を調整できるようになっている。また、情報の記録時の接触量(Z方向押し込み量)は、記録層701と導電体薄膜層702の膜厚及び希望する記録ビットの大きさによるが、数nm~500nm程度が好ましい。

【0103】尚、情報の記録時にプローブ電極705と導電体薄膜層702が接触し、プローブ電流が急激に増加するため、再生用サーボ回路709はその間出力電圧が一定になるようにHOLD回路をONにするよう制御している。708はY方向にプローブ電極705をY方向微動制御機構706を用いて移動制御するためのY走査駆動回路である。713と714は予め10⁻⁸A程度のプローブ電流が得られるようにプローブ電極705と基板703とのY方向相対変位を多きくとる(微動制御機構の範囲外)のに用いられる。これらの各機器は、全てマイクロコンピュータ715により中央制御されている。また716は表示装置を表している。

【0104】本発明の実施例12で説明した微小変位素子を用いた移動制御における機械的性能を下記に示す。

【0105】

Z方向微動制御範囲: 0.1nm~5μm

Y方向微動制御範囲: 1nm~20μm

X方向微動制御範囲: 1nm~100μm

なお、X方向はXYステージの駆動による。

【0106】また、用いた記録再生装置の移動制御における機械的性能は、

XY方向粗動制御範囲: 10nm~10mm

Z方向粗動制御範囲: 10nm~10mm

以下、説明した装置を用いて、記録再生の実験について述べる。記録層701としてポリイミドLB膜を4層(約1.5nm)成膜したものをを用いた。これを、本装置にセットした。次に、プローブ電極705と記録媒体との間に1.5Vのバイアス電圧を印加し、プローブ電極705と導電体薄膜層702との距離(Z)を調整した。この時、距離Zを制御するためのプローブ電流I_pを10⁻⁸A≦I_p≦10⁻¹⁰Aになるように設定した。

【0107】次に、XY方向の位置を固定したまま、プローブ電極705のZ方向微動制御機構707のカンチレバーの圧電体に記録用電圧を印加することにより、プローブ電極705を上下させ、プローブ電極705を記録媒体に接触させることにより、記録媒体の表面形状を変化させて記録を行った。但し、この時プローブ電極705と記録媒体の接触量を15nmに調整した。また、再生用サーボ回路709はその間出力電圧が一定になるようにHOLD回路をONするよう制御している。

【0108】次に、プローブ電極705と記録媒体との

間に電圧を印加しながらトンネル電流を観測し、距離Zを一定に保ちながら、先ほど記録した場所にプローブ電極705をXY方向に走査させたと、記録媒体の表面形状の変化が確認でき、記録ビットを再生することが可能であった。

【0109】尚、本発明のカンチレバー型プローブを用いた場合、Y方向の走査範囲を非常に大きく取れるので、この記録ビットを大量に記録再生できることは言うまでもない。

【0110】（実施例14）本実施例では、前述した情報処理装置を使って、STMとして実験を行った結果について述べる。

【0111】実施例13で述べた記録媒体を被観察物として走査し、プローブ電極705と被観察物との間に電圧を印加し、トンネル電流値の結果を出力するとSTM像が得られる。本実施例では被観察物としてSi基板(100)を用いて、STM像を得たところ、Si基板の広範囲にわたって像を原子オーダーで観察でき、さらに安定な像が得られた。

【0112】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のカンチレバー型プローブにより以下のような効果がある。

(1) 任意にカンチレバーの実効的弾性定数を変化するので、例えばAFMにおいて、柔らかい試料から硬い試料まで、S/N比よく観察ができる。

(2) カンチレバーをむやみに小さくする必要がなくなるので、カンチレバー自体さらには変位測定系の作製が容易となる。

(3) 情報処理装置において、記録媒体の硬度を選ばず使用できる。さらに、共振周波数を高く設定できるので、高速走査が可能となり、記録情報の読み出し速度が向上する。

(4) 大きな変位量、高い精度でトンネル検出用プローブの駆動が行えるので、高分解能、高安定度のSTM観察を行うことができる。

(5) 小型軽量化で高剛性化が図れるので、信頼性の高い、高速の情報処理装置を作製することができる。

(6) 圧電駆動部と静電駆動部を集積できるので、STM装置、情報処理装置全体の小型化が図れる。

【0113】また、静電効果にて複数のカンチレバーの反り量を独立に位置補正する機構と位置補正用の平行平面導体とを具備したマルチプローブユニットにおいては、

(7) 操作性、安定性、耐久性の高いSTMを応用した情報処理装置が作製できる。

(8) カンチレバー一本一本の反りも静電効果により補償することができるので、素子の歩留りも向上するとともに、より制御性の高いトンネル電流検知が行える。

(9) これにより、STMを応用した情報処理装置においては、超高密度な記録

、再生ができるとともに、信頼性の高い装置を供給できるようになった。

【0114】さらに、短冊状電極を有したカンチレバー型プローブ及びそれを用いた情報処理装置等によれば、

(10) カンチレバーのY軸のストローク量を大きくする。

(11) 圧電体薄膜カンチレバーの反り量を少なくする。

(12) 情報処理装置においては、広範囲に記録媒体に情報を記録することができる。

といったような効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の弾性定数可変タイプのカンチレバー型プローブの原理説明図である。

【図2】図1の原理図に基づく、カンチレバー長手方向に直角な面での断面図を示す。

【図3】本発明の弾性定数可変タイプのカンチレバー型プローブの一態様を示す断面図である。

【図4】本発明の弾性定数可変タイプのカンチレバー型プローブの別の態様を示す断面図である。

【図5】本発明に係るプローブ高さのばらつきを調整し得るカンチレバー型プローブの構成図である。

【図6】本発明に係るプローブ高さのばらつきを調整し得るカンチレバー型プローブの、カンチレバーの変位量を示す図である。

【図7】本発明に係るプローブ高さのばらつきを調整し得るカンチレバー型プローブの別の態様を示す図である。

【図8】図7に示すタイプのカンチレバー型プローブを同一基板上に複数配列したマルチプローブユニットの斜視図及びその一部断面図である。

【図9】本発明に係る短冊状電極を有したカンチレバー型プローブの斜視図及びその断面図である。

【図10】図3に示すタイプのカンチレバー型プローブの製造工程図を示す。

【図11】図3に示すタイプのカンチレバー型プローブの製造工程図を示す。

【図12】実施例1で示したカンチレバー型プローブを用いた、原子間力顕微鏡(AFM)の構成図である。

【図13】実施例1で示すカンチレバー型プローブ表面に、Ptコーティング層を設けたカンチレバー型プローブを示す。

【図14】図13に示すカンチレバー型プローブを用いた、情報処理装置の構成図である。

【図15】図7に示すタイプのカンチレバー型プローブの製造工程図を示す。

【図16】実施例7に係る走査型トンネル顕微鏡の構成図を示す。

【図17】実施例8に係る情報処理装置の構成図を示す。

【図18】実施例8に係るパルス電圧波形を示す図である。

【図19】実施例9に係るマルチプローブユニットの構成図である。

【図20】実施例9に係るマルチプローブユニットの構成図である。

【図21】実施例9に係る位置補正のブロック図である。

【図22】実施例10に係るマルチプローブユニットを用いた、情報処理装置の構成図である。

【図23】実施例11に係るカンチレバーの駆動原理説明図である。

【図24】実施例11に係るカンチレバー型プローブの製造工程図を示す。

【図25】実施例12に係るマルチプローブユニットの外観斜視図である。

【図26】実施例12に係るマルチプローブユニットの、短冊状電極を示した構成斜視図である。

【図27】情報処理装置における、記録媒体への情報の記録あるいは再生方法を説明するための模式図である。

【図28】実施例13に係る情報処理装置の構成を示すブロック図である。

【図29】従来のカンチレバー型プローブを示す。

【図30】従来のカンチレバー型プローブの駆動状態を示す図である。

【符号の説明】

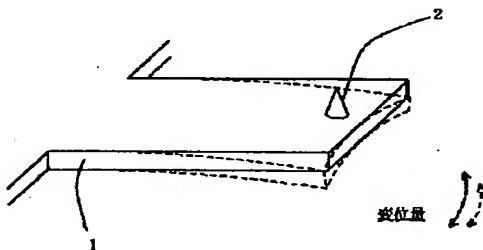
- 1 カンチレバー
- 2 プローブ (探針)
- 3 基板
- 4 圧電体
- 5, 6, 7 電極
- 8 圧電体変形用電源
- 9, 10 圧電体
- 11, 12, 13, 14, 15 電極
- 16 支持台
- 17, 18 電極
- 19 絶縁体
- 20 電極
- 21 圧電体
- 22 トンネル電流引き出し電極
- 23 電流電圧変換増幅器
- 24 信号出力
- 25 圧電体駆動用交流電源
- 26 静電駆動用直流電源
- 27 電極
- 28 Si基板
- 29 電極
- 30 誘電体
- 31 圧電体
- 32 ガラス基板

- 33, 34 電極
- 35 導電体
- 41 弾性薄膜
- 42 圧電体薄膜
- 43 電極
- 44 プローブ
- 45 Si基板
- 46 短冊状電極
- 47 n-Si層
- 48 P⁺層
- 49 電極
- 51, 52 絶縁体
- 61 記録層
- 62 導電体薄膜
- 63 基板
- 64 記録ビット
- 65 プローブ
- 71 圧電体
- 72 電極
- 73 プローブ
- 101 Si基板
- 102, 103 シリコン窒化膜
- 104 ZnO膜
- 105, 106 Au電極
- 107 プローブ
- 108 アモルファスシリコン窒化膜
- 109 Au引き出し電極
- 110 プローブ
- 111 Au電極
- 112 ZnO膜
- 113 Au電極
- 114 ZnO膜
- 115 Au電極
- 116 プローブ
- 117 Ptコーティング層
- 201 除振台
- 202 支持台
- 203 XYステージ
- 204 Z微動機構
- 205 試料
- 206 カンチレバー
- 207 探針 (プローブ)
- 208 光ファイバー
- 209 He-Neレーザー
- 210 ビームスプリッタ
- 211 光検出器
- 212 XY走査制御部
- 213 Z方向フィードバック制御部
- 214 マイクロコンピュータ
- 215 記録媒体

25

- 216 パルス電圧印加装置
- 310 S1基板
- 311 シリコン熱酸化膜
- 312, 313 シリコン窒化膜
- 314 電極
- 401 除振台
- 402 XY走査機構
- 403 サンプル
- 404 Z粗動機構
- 405 カンチレバー
- 406 プローブ (探針)
- 407 XY駆動回路
- 408 バイアス印加回路
- 409 トンネル電流検出回路
- 410 Z駆動回路
- 411 静電駆動回路
- 412 圧電駆動 (フィードバック) 回路
- 413 マイクロコンピュータ
- 414 表示装置
- 501 除振台
- 502 XY走査機構
- 503 記録媒体
- 504 Z粗動機構
- 505 マルチプローブ基板
- 506 カンチレバー
- 507 プローブ (探針)
- 508 XY駆動回路
- 509 バイアス印加回路
- 510 Z駆動回路
- 511 トンネル電流検出回路
- 512 静電駆動回路
- 513 圧電駆動 (フィードバック) 回路
- 514 マイクロコンピュータ

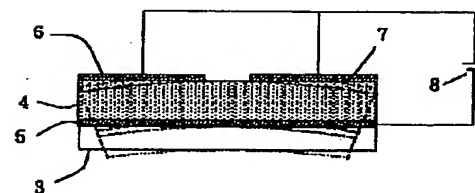
【図1】



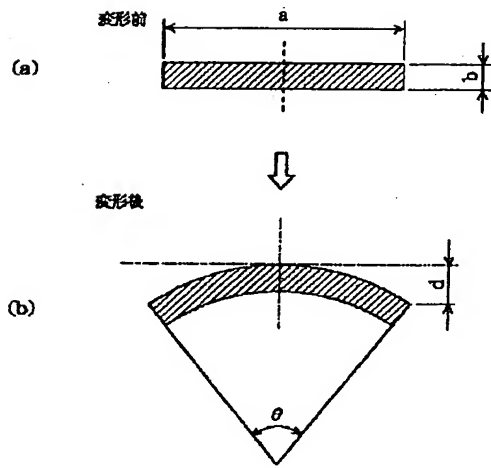
26

- 601 基板
- 602 金属電極層
- 603 記録層
- 604 XYステージ
- 605 マルチプローブユニット
- 606 支持体
- 607 Z軸方向駆動リニアアクチュエーター
- 608 X軸方向駆動リニアアクチュエーター
- 609 Y軸方向駆動リニアアクチュエーター
- 10 610 バイアス回路
- 611 トンネル電流検出器
- 612 サーボ回路
- 613 アクチュエーター
- 614 サーボ回路
- 615 XYステージ駆動回路
- 616 コンピュータ
- 701 記録層
- 702 導電体薄膜
- 703 基板
- 20 704 カンチレバー型プローブ
- 705 プローブ電極
- 706 Y方向微動制御機構
- 707 Z方向微動制御機構
- 708 Y走査駆動回路
- 709 再生用サーボ回路
- 710 バイアス電圧源及びプローブ電流増幅器
- 711 記録用電圧源及びサーボ回路
- 712 XYステージ
- 713 粗動機構
- 30 714 粗動駆動回路
- 715 マイクロコンピュータ
- 716 表示装置

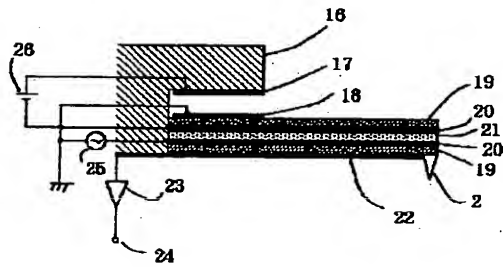
【図3】



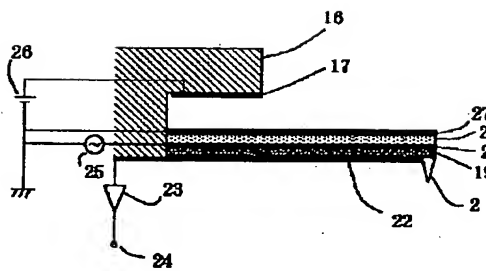
【図2】



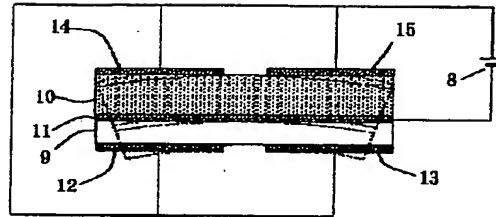
【図5】



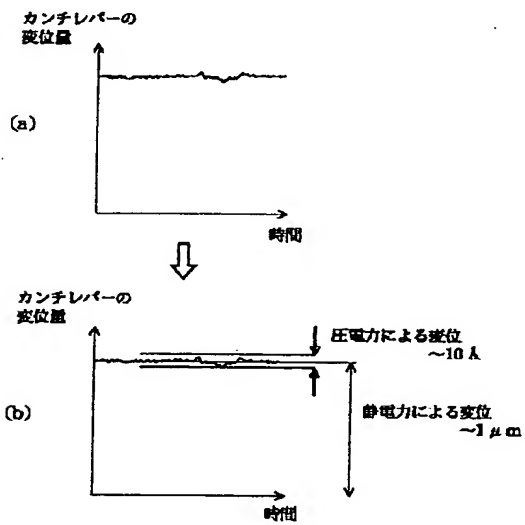
【図7】



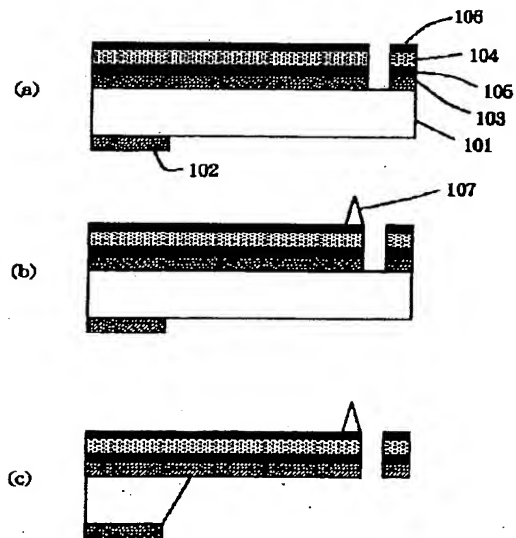
【図4】



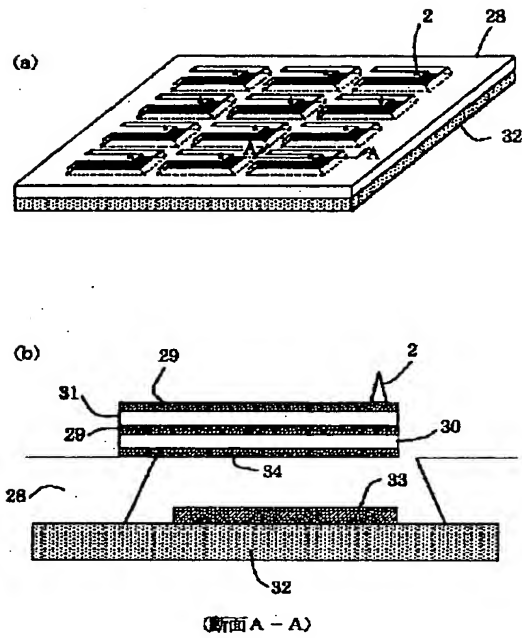
【図6】



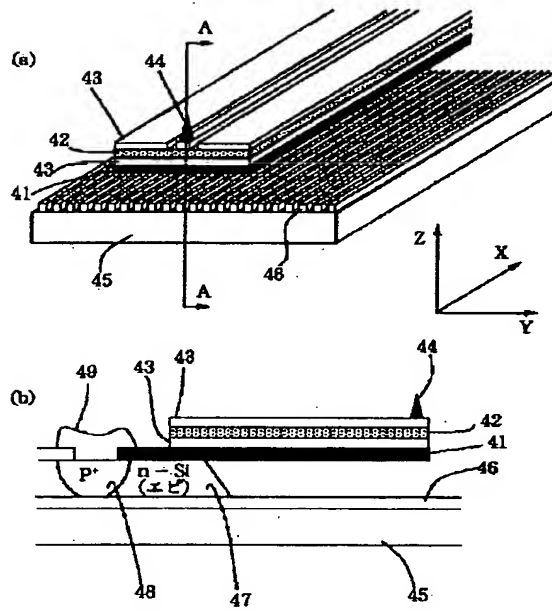
【図10】



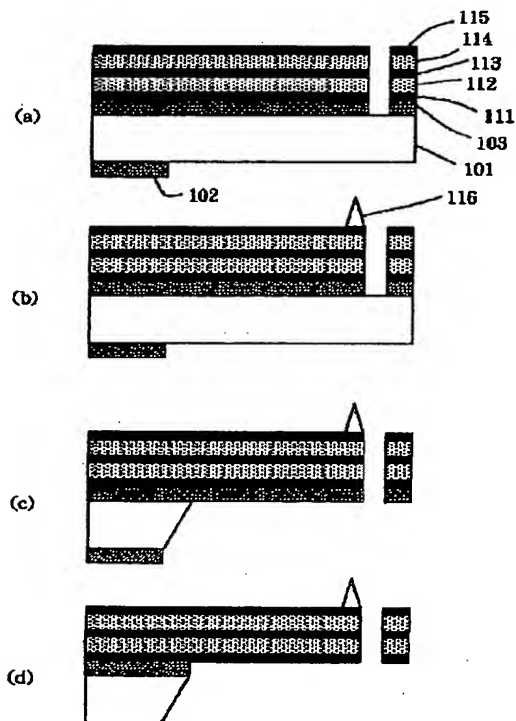
【図8】



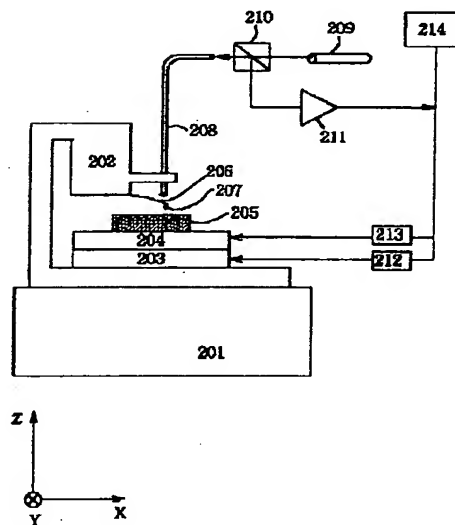
【図9】



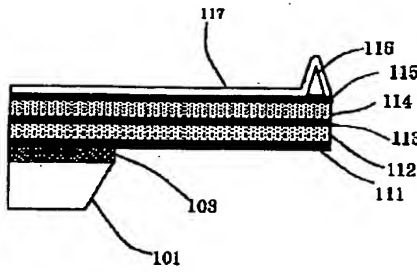
【図11】



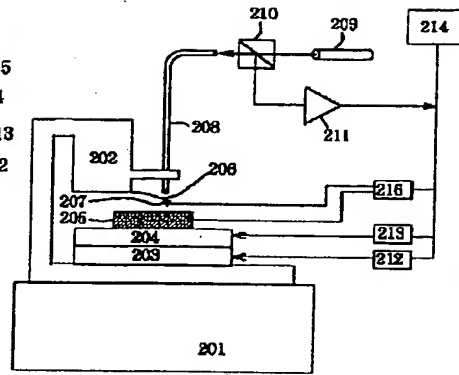
【図12】



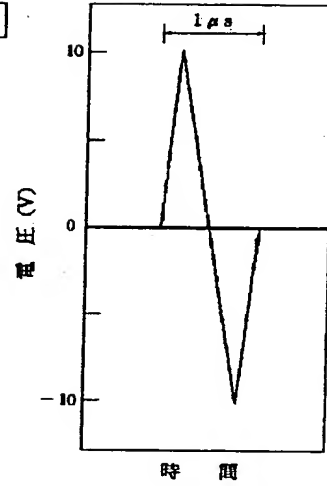
【図13】



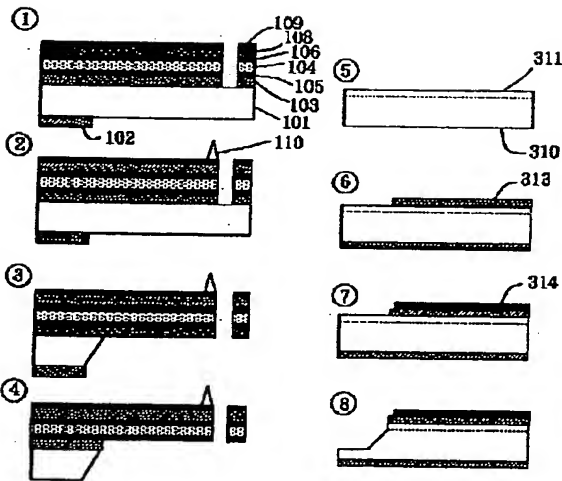
【図14】



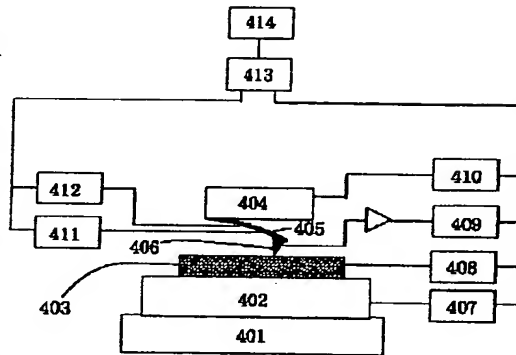
【図18】



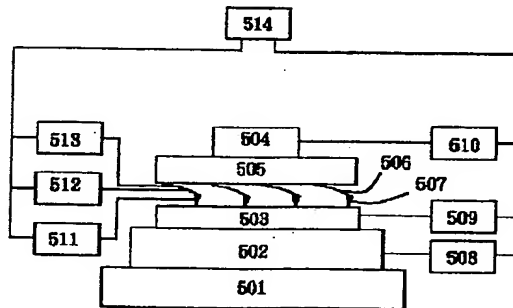
【図15】



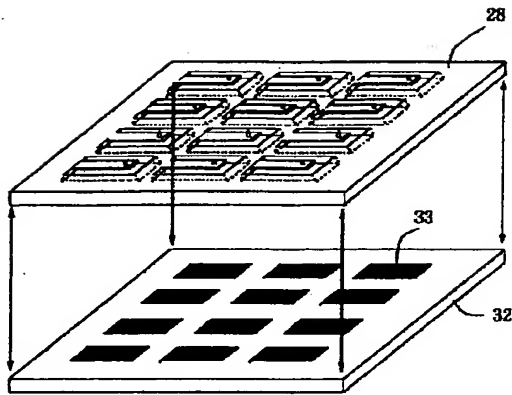
【図16】



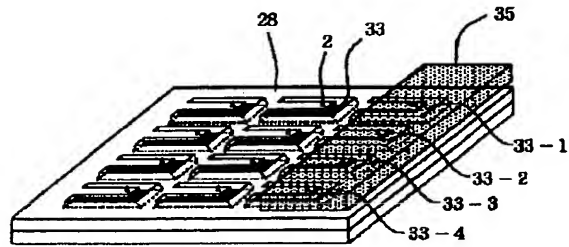
【図17】



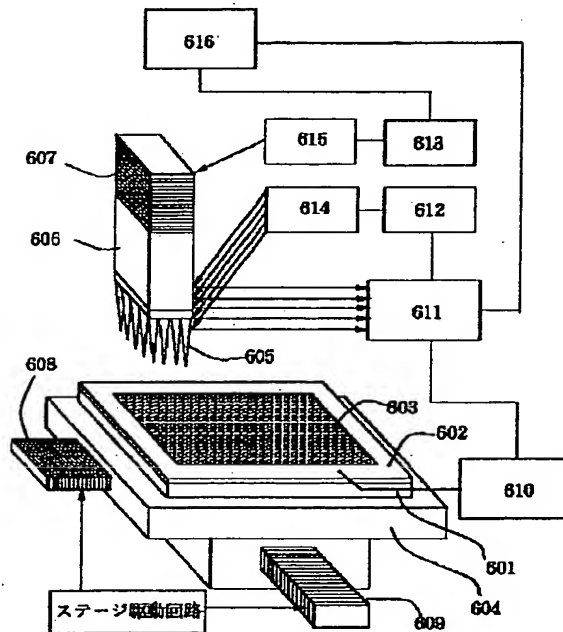
【図19】



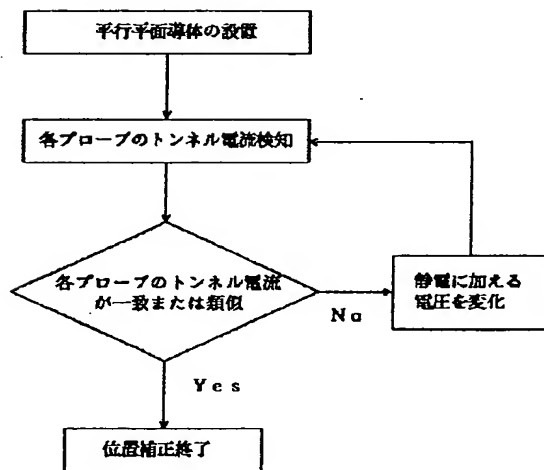
【図20】



【図22】

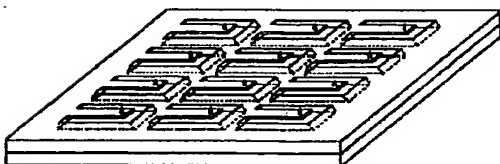


【図21】

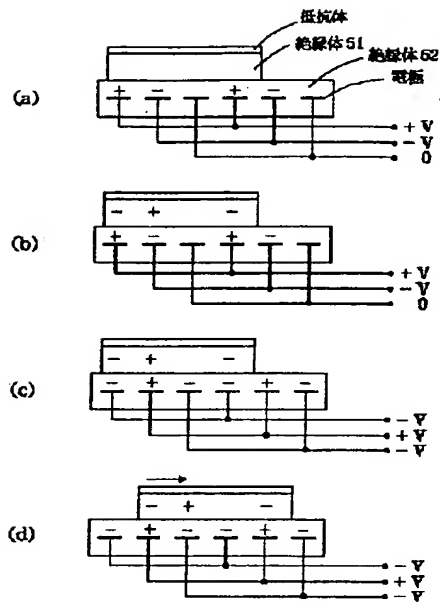


位置補正のブロック図

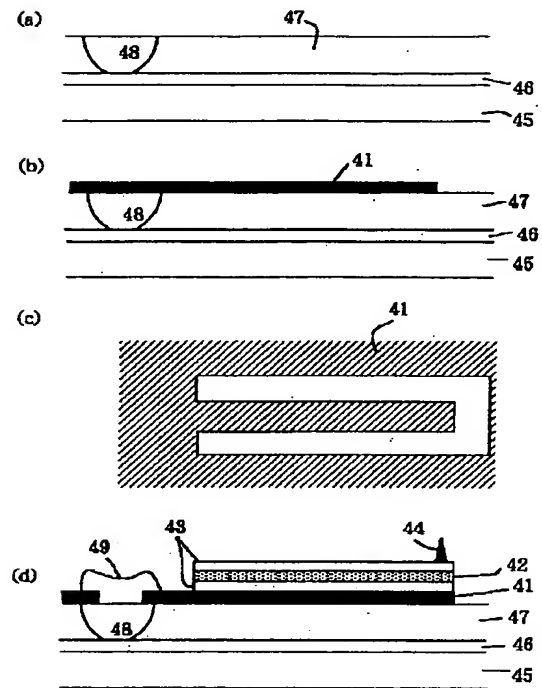
【図25】



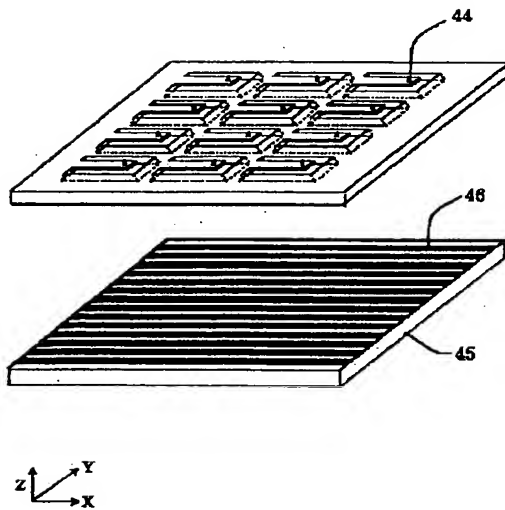
【図23】



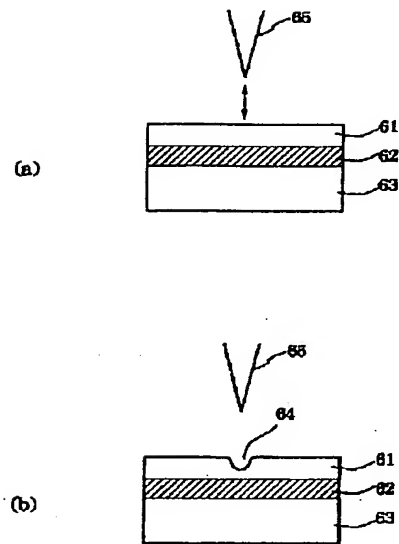
【図24】



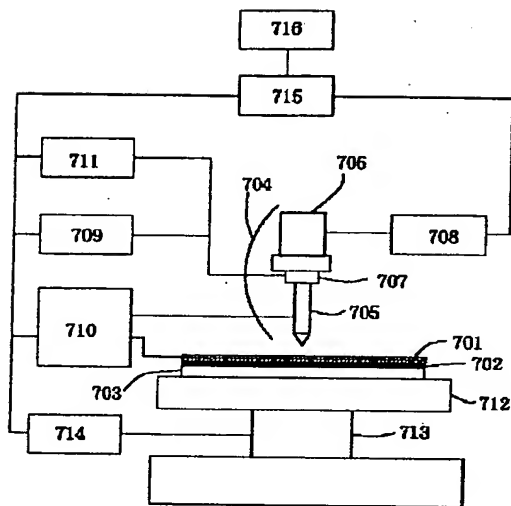
【図26】



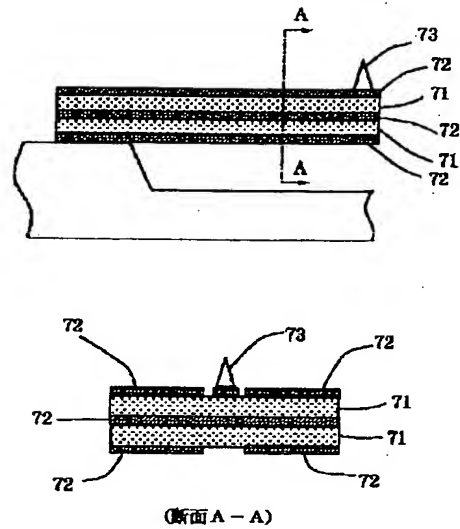
【図27】



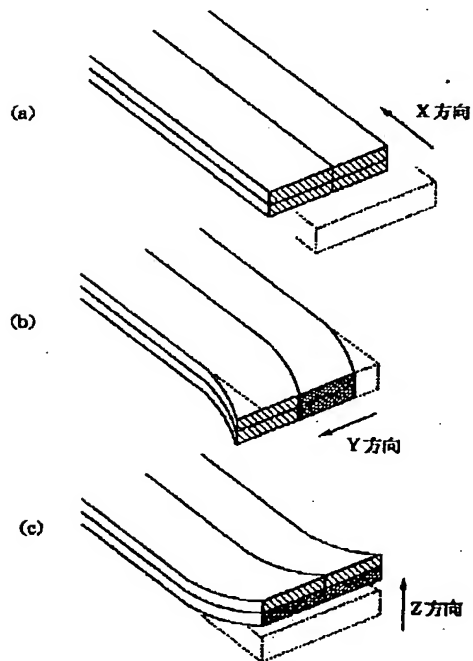
【図28】



【図29】



【図30】



フロントページの続き

(72)発明者 川瀬 俊光
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 高松 修
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 畑中 勝則
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(72)発明者 笠貫 有二
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(72)発明者 鈴木 義男
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 島田 康弘
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(72)発明者 平井 裕
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(72)発明者 中山 優
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(Partial translation of the reference C)

Japanese Patent Laid-open No. 4-350510

【0075】 It is explained how to adjust height of the above-mentioned multi-probe unit as follows. Figure 20 is a structure view of a multi-probe unit and Figure 21 is a block diagram of position correcting section. A base plate 28 is left on a horizontal parallel station. A strictly parallel conductive plate 35 is hold at the predetermined height. Voltage is applied to a probe 2 for detecting tunnel current and the strictly parallel conductive plate 35 and then the tunnel current is measured. Later voltage applied to electrodes 33-1, 33-2, 33-3, 33-4 is adjusted so that the each tunnel current is substantially the same as each other. In this way the position is adjusted by statistic electricity.